

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-264402

(P2001-264402A)

(43) 公開日 平成13年9月26日 (2001.9.26)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード* (参考)
G 0 1 R 33/3815		G 0 1 N 24/06	5 1 0 C 4 C 0 9 6
A 6 1 B 5/055		A 6 1 B 5/05	3 3 1
G 0 1 R 33/3875			3 3 2
H 0 1 F 6/00	Z A A	G 0 1 N 24/06	5 2 0 J
		H 0 1 F 7/22	Z A A A
審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 6 頁)			

(21) 出願番号 特願2000-76788(P2000-76788)

(22) 出願日 平成12年3月17日(2000.3.17)

(71) 出願人 301023238

独立行政法人物質・材料研究機構

茨城県つくば市千現一丁目2番1号

(71) 出願人 000001199

株式会社神戸製鋼所

兵庫県神戸市中央区臨浜町1丁目3番18号

(72) 発明者 木吉 司

茨城県つくば市千現1丁目2番1号 科学

技術庁金属材料技術研究所内

(74) 代理人 100067828

弁理士 小谷 悦司 (外1名)

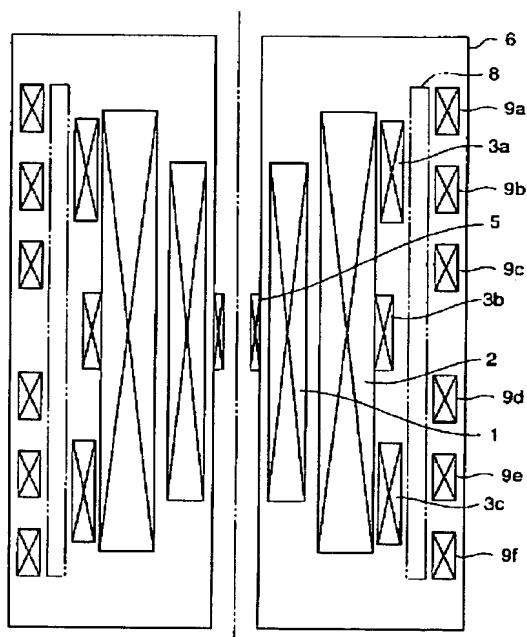
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高磁場均一度超電導磁石装置

(57) 【要約】

【課題】 将来の酸化物超電導材料の開発成果を取り込める様にながら、現時点で作製できる超電導線材を使用した高磁場で且つ均一度の高い超電導磁石装置を提供する。

【解決手段】 主磁場を発生する超電導メインコイル群と、前記超電導コイル群の中心付近の空間における磁場の均一度を維持する様に磁場の空間分布を調整するための超電導補正コイル群および超電導シムコイル群が同芯状に配列された高磁場均一度超電導磁石装置において、前記超電導メインコイル群と超電導シムコイル群の間に補正コイル追加用の円筒状予備空間を設けたものである。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 主磁場を発生する超電導メインコイル群と、前記超電導コイル群の中心付近の空間における磁場の均一度を維持する様に磁場の空間分布を調整するための超電導補正コイル群および超電導シムコイル群が同芯状に配列された高磁場均一度超電導磁石装置において、前記超電導メインコイル群と超電導シムコイル群の間に補正コイル追加用の円筒状予備空間を設けたものであることを特徴とする高磁場均一度超電導磁石装置。

【請求項2】 前記円筒状予備空間に空間占拠部材を配置したものである請求項1に記載の高磁場均一度超電導磁石装置。

【請求項3】 前記空間占拠部材が、アルミニウム若しくはアルミニウム合金、または鉄若しくは鉄合金、または銅若しくは銅合金、またはガラス繊維強化樹脂からなるものである請求項2に記載の超電導磁石装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、永久電流を利用した核磁気共鳴（NMR）装置に用いられる超電導マグネット等の様に、高磁場で且つ磁場均一度が高いことが要求される超電導磁石装置（永久電流磁石装置）に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、NMR装置用超電導マグネットでは、発生する磁場をより高くすることが要求されている。従来から使用されてきた超電導材料であるNbTiを主材料とするいわゆる合金系材料や、Nb, Snに代表される化合物系材料では、液体ヘリウムの沸点である約4.2Kにおける上部臨界磁場が、夫々約11.5T、約22Tである。そして、こうした超電導材料を用いて、上記の臨界磁場よりも更に高い磁場を発生するNMR装置用超電導マグネットを実現しようとする場合には、それらを冷却する液体ヘリウムを減圧して液体ヘリウムの温度を低下させる（膨張冷却）ことによって、超電導材料の上部臨界磁場を上昇させ、その結果としてマグネットが発生する磁場を高める方法が採用される。

【0003】一方、1989年に発見された酸化物超電導材料は、臨界磁場が上記合金系材料や化合物系材料に比べて遥かに高い100～700T程度であることが知られている。そして、こうした材料をNMR用超電導マグネットの巻線部材に用いることによって、NMR用超電導マグネットの発生する磁場を高めることができることは容易に推測できる。

【0004】しかしながら酸化物超電導材料は、長尺で均一な特性を有する線材を作製することが現時点では困難である。また、NMR用超電導マグネットには、それが発生する磁場を時間的に極めて安定に発生することが要求され、線材間の接続抵抗を極めて少なくする接続技術が必要であるが、酸化物超電導線材においては、線材

間の接続抵抗を極めて少なくして永久電流を維持する為の技術は確立されていないのが実状である。

【0005】ところで、上記NMR装置用超電導マグネット等の様に磁場の均一度が高いことが要求されている超電導磁石装置においては、主磁場を発生するメインコイル群、このメインコイル群が超電導マグネットの軸芯部分に発生する磁場の空間的な分布を概略均一に補正する補正コイル群、および前記2つのコイル群で超電導マグネットの軸芯付近に発生する磁場の空間的な分布を精密に調整するシムコイル群が同芯状に配列されて構成されるのが一般的である。また上記シムコイル群は、メインコイル群、補正コイル群および超電導シムコイル群を包含する低温容器の径方向の内側で超電導マグネット群の軸芯付近に設置される常電導シムコイル群と、低温容器の径方向の最も外側に配置され超電導線材を部材とする超電導シムコイル群とで構成されることが多い。

【0006】上記の様な状況の下で、高磁場NMR装置用超電導マグネットを作製する場合には、該マグネットの中央部付近に存在するメインコイル群の一部を、酸化物超電導コイル群に入れ替えることで、磁場を更に高め得ることが期待される。従って、この様な将来の技術開発成果に備えて、超電導マグネットをその成果に対応できる様な構成にしておくことが必要である。

【0007】一般に、中央部付近に存在するメインコイル群の一部を交換した場合には、磁場の分布が大きく変化し、既存の超電導コイル群や常電導シムコイル群では磁場を均一にすることができず、補正コイル群を作製し直す必要がある。しかしながら、補正コイル群を作製し直すとその幾何学的寸法が変化し、当該補正コイル群の外側に設置される超電導シムコイル群を設置することができなくなる。こうしたことから、超電導シムコイル群をも作製し直す必要がある。更には、超電導コイル群を包含する低温容器をも作製し直す必要が出てくる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】本発明はこうした状況の下でなされたものであって、その目的は、将来の酸化物超電導材料の開発成果を取り込める様にしながら、現時点で作製できる超電導線材を使用した高磁場で且つ均一度の高い超電導磁石装置を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成し得た本発明の超電導磁石装置とは、主磁場を発生する超電導メインコイル群と、前記超電導コイル群の中心付近の空間における磁場の均一度を維持する様に磁場の空間分布を調整するための超電導補正コイル群および超電導シムコイル群が同芯状に配列された高磁場均一度超電導磁石装置において、前記超電導メインコイル群と超電導シムコイル群の間に補正コイル追加用の円筒状予備空間を設けたものである点に要旨を有するものである。

【0010】上記本発明の超電導磁石装置においては、

前記円筒状予備空間に空間占拠部材を配置したものであることが好ましい。また、前記空間占拠部材としては、アルミニウム若しくはアルミニウム合金、または鉄若しくは鉄合金、または銅若しくは銅合金、またはガラス繊維強化樹脂からなるもの、等を挙げることができる。

【0011】

【発明の実施の形態】以下図面にに基づき、従来の装置構成と対比しつつ、本発明装置の作用効果についてより具体的に説明する。図1は、従来の永久電流磁石装置（超電導磁石装置）の一構成例を示す概略断面図であり、図2は従来技術における永久電流磁石装置においてメインコイルの一部を酸化物超電導材料からなるコイルに置き換えた場合を想定した概略断面図である。

【0012】図1に示した装置構成において、主磁場を発生する超電導メインコイル群は、Nb, Sn超電導線材が巻回された超電導メインコイル1と、NbTi超電導線材が巻回された超電導メインコイル2から構成されている。超電導メインコイル2の径方向外側には、NbTi超電導超電導線材が巻回された超電導補正コイル群3a~3bが設けられている。また、超電導補正コイル群3a~3bの径方向外側には、NbTi超電導超電導線材が巻回された超電導シムコイル群4a~4fが設けられている。即ち、この永久電流磁石装置においては、超電導メインコイル1、2からなる超電導メインコイル群、超電導補正コイル群3a~3b、および超電導シムコイル群4a~4fが同芯状に配列されて構成されている。

【0013】そして以上の超電導コイル群は、低温容器（クライオスタット）6の中に収納され、この低温容器6内は液体窒素および液体ヘリウムによって低温に維持されている。また、この低温容器6の中央付近の室温空間部分には、常電導シムコイル5が設けられている。また、この室温空間はサンプル挿入孔となっており、高周波プローブを入れることによって、サンプルの測定を行なう様にされる。

【0014】こうした装置構成において、超電導メインコイル1の一部を酸化物超電導材料からなるコイルに置き換える場合を想定したのが、図2に示した装置構成である。そして図2に示した装置においては、超電導メインコイル1aは、酸化物超電導材料およびNb, Sn超電導線材が巻回されて構成されることになる。また、超電導メインコイル2がNbTi超電導線材で構成されること、および超電導メインコイル2の外側に、NbTi超電導線材が巻回された超電導線材が巻回された超電導補正コイル群3a~3cが設けられることは前記図1の場合と同様である。

【0015】そして、図2に示した装置においては、前記図1に示した装置構成に比べて超電導メインコイル1aの一部が酸化物超電導材料に変更されているので、超電導メインコイル群1a、2、超電導補正コイル群3a

~3cによって合成して発生される磁場の均一度に変化が生じることになり、こうした変化に対応する為に、超電導補正コイル群3a~3cの外側に、超電導補正コイル群7a~7cが新たに追加して設けられることになる。またこうした設計変更に応じて、超電導補正コイル群7a~7cの外側には、上記超電導シムコイル群4a~4fよりも更に大きなものに作製し直された超電導シムコイル9a~9fが設けらるることになる。

【0016】そして以上の超電導コイル群は、低温容器6a内に収納されることになるが、図2に示した装置は前記図1に示した装置と比べて、超電導補正コイル7a~7cを新たに設置し、また前記超電導シムコイル群4a~4fよりも更に大きくした超電導シムコイル9a~9fが設けられることになるので、これらを収納する低温容器6aにおいても、図1に示した前記低温容器6に比べて直径が大きくならざるを得ない。尚、こうした低温容器6aにおいても、その中央付近には、磁場の不均一性をより精密に補正する為の常電導シムコイル5が設けられるのは、前記図1に示した装置構成の場合と同様である。

【0017】上述した様に、従来の永久電流超電導磁石装置においては、将来的にメインコイルの一部を酸化物超電導材料に置き換えた場合には、超電導補正コイル群7a~7c、超電導シムコイル群9a~9f、および低温容器6aを新たに作製し直す必要がある。

【0018】図3は本発明に係る永久電流磁石装置の一構成例を示す概略断面図であり、前記図1、2と対応する部分には同一の参照符号を付すことによって重複説明を回避する。尚、本発明に係る超電導磁石装置は、図3に示した構成に限定されるものではなく、例えば図3では超電導補正コイル群3a~3cが、3つのコイルから構成されており、その長さも夫々異なるのが通常であるが、このコイルの個数や長さは装置の様式によって適宜変更されるものである。

【0019】本発明の装置においては、上記超電導補正コイル群3a~3cと超電導シムコイル9a~9f群の間に、円筒状予備空間8が設けられている。そして、この予備空間8は、超電導メインコイル1の一部が将来的に酸化物超電導線材で巻回された超電導コイルとされるときに、前記図2に示した様な超電導補正コイル群7a~7cが追加して設置されることになる。また、上記の様に円筒状予備空間8を設けることによって、前記図1に示した超電導シムコイル4a~4fと比べて予め大きくした超電導シムコイル9a~9fが配置される。更に、これに応じて、低温容器6aも、前記各コイル群が収納できる様に、その直径が比較的大きく設定されている。即ち、図3に示した本発明の装置構成では、図2に示した様な超電導補正コイル7a~7cの代りに、予備空間8を設けたものである。

【0020】従って、図3に示した本発明の超電導磁石

装置では、超電導メインコイル1の一部が酸化物超電導材料でされた場合に、新たに作製する必要があるのは、超電導補正コイル群7a~7cだけで良いことになる。

【0021】尚、図3に示した構成では、超電導補正コイル群3a~3cと超電導シムコイル9a~9f群の間に円筒状予備空間8を設ける構成としたけれども、円筒状予備空間8が設けられる位置は、超電導メインコイル群1, 2と超電導補正コイル群3a~3cの間とすることもでき、要するに超電導メインコイル群1, 2と超電導シムコイル9a~9f群の間であれば良い。また、この予備空間8の大きさは、その幅が少なくとも1mm以上である必要があるが、通常5~20mm程度に設定すれば良い。

【0022】ところで、図3に示した様な超電導磁石装置の全体を冷却する場合には、前記予備空間8にも液体ヘリウム等の液体が充填されることになる。そして、この磁石装置を冷却する液体ヘリウムを減圧して液体ヘリウムの温度を低下させ、そのことにより超電導材料の上部臨界磁場を上昇させ、その結果としてマグネットが発生する磁場を高める方法を採用したときには、予備空間8に存在する液体ヘリウムをも温度を低下させる必要がある。

【0023】例えば、予備空間8の大きさが、内直径：927mm、外直径：960mm、長さ：1604mmであるとする、その容積は約78リットルとなる。そしてこうした容積に相当する液体ヘリウムを4.2Kから1.8Kに冷却するに必要な電力は約25KWh程度となる。即ち、上記の様な予備空間8を設けた場合には、それだけ冷却の為に電力を消費して不経済となる事態を招くことになる。

【0024】こうした事態を回避する手段として、上記予備空間8内に当該予備空間8に対応した形状の空間占拠部材をアルミニウムやアルミニウム合金等によって作製し、前記超電導補正コイル7a~7cを追加して設置

するまでは、この空間占拠部材を配置しておくことも好ましい実施形態として挙げられる。こうした構成を採用して、予備空間8内に充填される液体ヘリウムを排除することによって、無駄な電力消費の発生をなくすることができる。

【0025】尚、予備空間8内に配置される円筒状部材としては、上記したアルミニウムやアルミニウム合金からなるものに限らず、鉄若しくは鉄合金からなるものや、銅若しくは銅合金からなるもの、更にはガラス繊維強化樹脂からなるもの、等も使用できるが、特に鉄または鉄合金からなるもので非磁性のものを採用することは、磁場の均一度を達成するという観点および円筒部材に電磁力が作用しないという観点から好ましい。

【0026】

【発明の効果】本発明は以上の様に構成されており、将来の酸化物超電導材料の開発成果を取り込める様にしながら、現時点で作製できる超電導線材を使用した高磁場で且つ均一度の高い超電導磁石装置が実現できた。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来の永久電流磁石装置の一構成例を示す概略断面図である。

【図2】従来技術における永久電流磁石装置においてメインコイルの一部を酸化物超電導材料からなるコイルに置き換えた場合を想定した概略断面図である。

【図3】本発明に係る永久電流磁石装置の一構成例を示す概略断面図である。

【符号の説明】

1, 1a, 2 超電導メインコイル

3a~3c, 7a~7c 超電導補正コイル

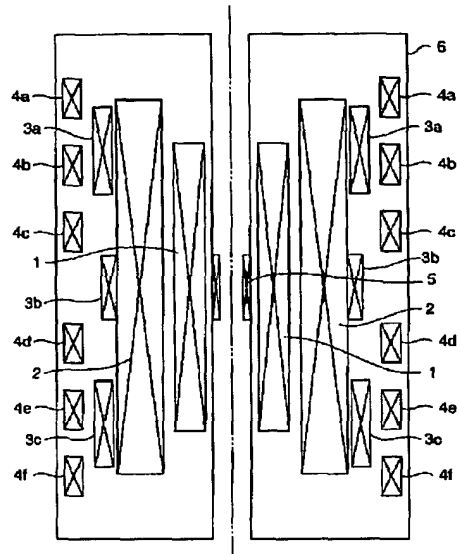
4a~4f, 9a~9f 超電導シムコイル

5 常電導シムコイル

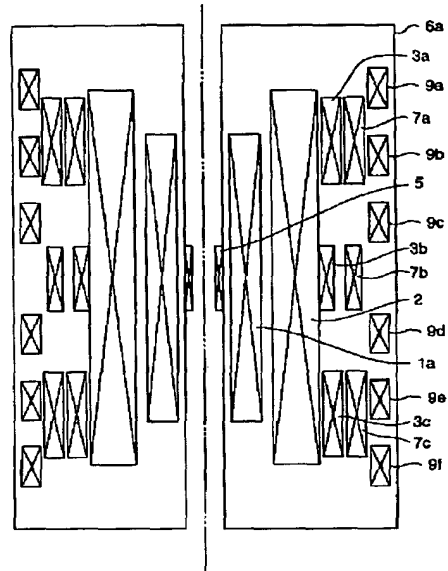
6, 6a 低温容器

8 円筒状予備空間

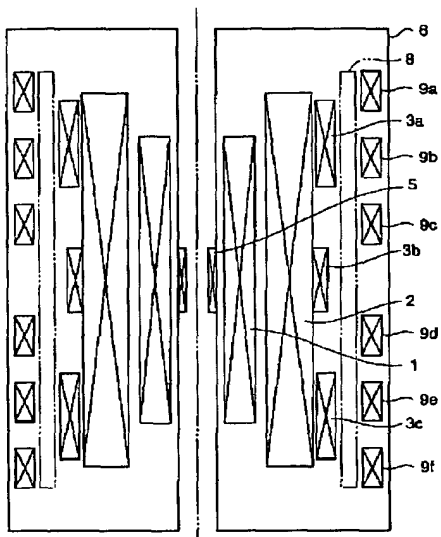
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

(72)発明者 松本 真治
茨城県つくば市千現1丁目2番1号 科学
技術庁金属材料技術研究所内

(72)発明者 伴野 信哉
茨城県つくば市千現1丁目2番1号 科学
技術庁金属材料技術研究所内

(72)発明者 佐藤 明男
茨城県つくば市千現1丁目2番1号 科学
技術庁金属材料技術研究所内

(72)発明者 和田 仁
茨城県つくば市千現1丁目2番1号 科学
技術庁金属材料技術研究所内

(72)発明者 濱田 衛
神戸市西区高塚台1丁目5番5号 株式会
社神戸製鋼所神戸総合技術研究所内

(72)発明者 林 征治
神戸市西区高塚台1丁目5番5号 株式会
社神戸製鋼所神戸総合技術研究所内

(72)発明者 伊藤 聡
神戸市西区高塚台1丁目5番5号 株式会
社神戸製鋼所神戸総合技術研究所内

(72)発明者 吉川 正敏
神戸市西区高塚台1丁目5番5号 株式会
社神戸製鋼所神戸総合技術研究所内

(72)発明者 神門 剛
神戸市西区高塚台1丁目5番5号 株式会
社神戸製鋼所神戸総合技術研究所内

(72)発明者 尾崎 修
神戸市西区高塚台1丁目5番5号 株式会
社神戸製鋼所神戸総合技術研究所内

F ターム(参考) 4C096 AB32 CA02 CA22 CA32 CA35
CA36 CA70

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-264402

(43)Date of publication of application : 26.09.2001

(51)Int.Cl.

G01R 33/3815

A61B 5/055

G01R 33/3875

H01F 6/00

(21)Application number : 2000-076788

(71)Applicant : NATIONAL INSTITUTE FOR
MATERIALS SCIENCE
KOBE STEEL LTD

(22)Date of filing : 17.03.2000

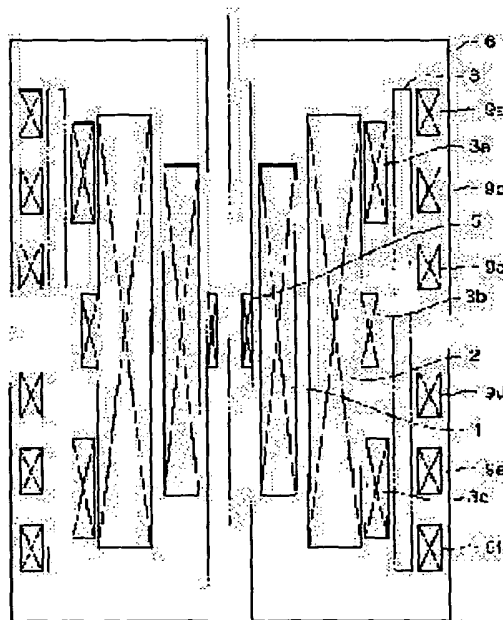
(72)Inventor : KIYOSHI TSUKASA
MATSUMOTO SHINJI
TOMONO SHINYA
SATO AKIO
WADA HITOSHI
HAMADA MAMORU
HAYASHI SEIJI
ITO SATOSHI
YOSHIKAWA MASATOSHI
KAMIKADO TAKESHI
OZAKI OSAMU

(54) HIGH MAGNETIC FIELD AND HIGH HOMOGENEOUS SUPERCONDUCTING MAGNET DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a high magnetic field and high homogeneous superconducting magnet device using a superconducting wire that can be manufactured at present while allowing the future development results of oxide superconductors to be introduced.

SOLUTION: In this superconducting magnet device where a superconducting main coil group generating a main magnetic field, a superconducting correction coil group adjusting the space distribution of magnetic fields so as to keep the magnetic homogeneity in a space near the center of the main coil group, and a superconducting shim coil group are concentrically arranged, a cylindrical reserve space for additional correction coils is provided between the main coil group and the shim coil group.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of

rejection]

[Kind of final disposal of application other than
the examiner's decision of rejection or
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] High magnetic field uniformity coefficient super-conductive magnet equipment characterized by being what characterized by providing the following. The superconductivity main coil group which generates the main magnetic field. It sets to the high magnetic field uniformity coefficient super-conductive magnet equipment with which the superconductivity amendment coil group for adjusting the spatial distribution of a magnetic field and the superconductivity SIMM coil group were arranged in the shape of the said heart so that the uniformity coefficient of the magnetic field in the space near [aforementioned] the superconductivity coil center of group may be maintained, and it is the cylinder-like reserve space for an amendment coil addition to between the aforementioned superconductivity main coil group and superconductivity SIMM coil groups.

[Claim 2] High magnetic field uniformity coefficient super-conductive magnet equipment according to claim 1 which arranges a space occupation member to the aforementioned cylinder-like reserve space.

[Claim 3] Super-conductive magnet equipment according to claim 2 whose aforementioned space occupation member is what it becomes from aluminum, an aluminium alloy, iron, an iron alloy, copper, a copper alloy, or a glass fiber strengthening resin.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention is a high magnetic field like the superconductivity magnet used for the nuclear-magnetic-resonance (NMR) equipment using the permanent current, and it is related with the super-conductive magnet equipment (permanent-current magnet system) demanded that a magnetic field uniformity coefficient is high.

[0002]

[Description of the Prior Art] In recent years, it is required with the superconductivity magnet for NMR equipments that the magnetic field to generate should be made higher. With the so-called alloy system material which makes the main material NbTi which is the superconducting material used from the former, and the compound system material represented by Nb₃Sn, the up critical magnetic fields in about 4.2 K which is the boiling point of liquid helium are about 11.5T and about 22T, respectively. And when it is going to realize the superconductivity magnet for NMR equipments which generates a magnetic field still higher than the above-mentioned critical magnetic field using such a superconducting material, the up critical magnetic field of a superconducting material is raised, and the method of raising the magnetic field which a magnet generates as the result is adopted by what the liquid helium which cools them is decompressed and the temperature of RIUMU is reduced for to a liquid (expansion cooling).

[0003] On the other hand, as for the oxide superconductivity material discovered in 1989, it is known that a critical magnetic field is about [far high] 100-700T compared with the above-mentioned alloy system material or compound system material. And it can guess easily that the magnetic field which the superconductivity magnet for NMR generates can be raised by using such a material for the coil member of the superconductivity magnet for NMR.

[0004] However, at present, oxide superconductivity material is difficult to produce the wire rod which has a uniform property by the long picture. Moreover, although the connection technology in which of it is required that the magnetic field which it generates should be generated time very stably, and it lessens connection resistance between wire rods extremely is required for the superconductivity magnet for NMR, in an oxide-superconductivity wire rod, the actual condition is that the technology for lessening connection resistance between wire rods extremely, and maintaining a permanent current is not established.

[0005] By the way, that the uniformity coefficient of a magnetic field is high like the above-mentioned superconductivity magnet for NMR equipments sets to the super-conductive magnet equipment demanded. The main coil group which generates the main magnetic field, and the spatial distribution of the magnetic field which this main coil group generates into the axis portion of a superconductivity magnet to outline homogeneity An amendment amendment coil group, And it is common that the SIMM coil group which adjusts precisely the spatial distribution of the magnetic field generated near the axis of a superconductivity magnet is arranged in the shape of the said heart, and consists of two aforementioned coil groups. Moreover, the above-mentioned SIMM coil group consists of a usual state electrical-conduction SIMM coil group installed near the axis of a superconductivity magnet group by the inside of the direction of a path of the low-temperature container which includes a main coil group, an amendment coil

group, and a superconductivity SIMM coil group, and a superconductivity SIMM coil group of the direction of a path of a low-temperature container which is arranged most outside and uses a superconductivity wire rod as a member in many cases.

[0006] Under the above situations, when producing the superconductivity magnet for high magnetic field NMR equipments, it is expected by changing a part of main coil group which exists near the center section of this magnet to an oxide superconductivity coil group that a magnetic field can be raised further. Therefore, it is required to prepare for such a future ED result and to make a superconductivity magnet the composition which can respond to the result.

[0007] When a part of main coil group which exists near a center section is generally exchanged, it changes a lot, and by the existing superconductivity coil group or the usual state electrical-conduction SIMM coil group, the distribution of a magnetic field cannot make a magnetic field uniform, but needs to reproduce an amendment coil group. If an amendment coil group is reproduced, the geometric size will change, and it becomes impossible however, to install the superconductivity SIMM coil group installed in the outside of the amendment coil group concerned. It is necessary to also reproduce a superconductivity SIMM coil group from such a thing. Furthermore, the need of also reproducing the low-temperature container which includes a superconductivity coil group comes out.

[0008]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] this invention is made under such a situation, and enabling it to incorporate the development result of a future oxide superconductivity material, the purpose is the high magnetic field which used the superconductivity wire rod producible at present, and is to offer super-conductive magnet equipment with a high uniformity coefficient.

[0009]

[Means for Solving the Problem] With the super-conductive magnet equipment of this invention which could attain the above-mentioned purpose In the high magnetic field uniformity coefficient super-conductive magnet equipment with which the superconductivity main coil group which generates the main magnetic field, the superconductivity amendment coil group for adjusting the spatial distribution of a magnetic field so that the uniformity coefficient of the magnetic field in the space near [aforementioned] the superconductivity coil center of group may be maintained, and the superconductivity SIMM coil group were arranged in the shape of the said heart It has a summary at the point of preparing the cylinder-like reserve space for an amendment coil addition between the aforementioned superconductivity main coil group and a superconductivity SIMM coil group.

[0010] In the super-conductive magnet equipment of the above-mentioned this invention, it is desirable to arrange a space occupation member to the aforementioned cylinder-like reserve space. Moreover, as the aforementioned space occupation member, what consists of aluminum, an aluminium alloy, iron, an iron alloy, copper, a copper alloy, or a glass fiber strengthening resin can be mentioned.

[0011]

[Embodiments of the Invention] It explains more concretely about the operation effect of this invention equipment, contrasting with the conventional equipment configuration based on a drawing below. drawing 1 is the outline cross section showing the example of 1 composition of the conventional permanent-current magnet system (super-conductive magnet equipment), and drawing 2 is an outline cross section supposing the case where the part which is a main coil is transposed to the coil which consists of oxide superconductivity material in the permanent-current magnet system in the conventional technology

[0012] In the equipment configuration shown in drawing 1 , the superconductivity main coil group which generates the main magnetic field consists of a superconductivity main coil 1 around which the Nb3Sn superconductivity wire rod was wound, and a superconductivity main coil 2 around which the NbTi superconductivity wire rod was wound. The superconductivity amendment coil groups 3a-3b around which the NbTi superconductivity superconductivity wire rod was wound are formed in the direction outside of a path of the superconductivity main coil 2. Moreover, the superconductivity SIMM coil groups 4a-4f around which the NbTi superconductivity superconductivity wire rod was wound are formed in the direction outside of a

path of the superconductivity amendment coil groups 3a-3b. That is, in this permanent-current magnet system, the superconductivity main coil group which consists of superconductivity main coils 1 and 2, the superconductivity amendment coil groups 3a-3b, and the superconductivity SIMM coil groups 4a-4f are arranged in the shape of the said heart, and are constituted.

[0013] And the above superconductivity coil group is contained in the low-temperature container (cryostat) 6, and the inside of this low-temperature container 6 is maintained by liquid nitrogen and liquid helium at low temperature. Moreover, the usual state electrical-conduction SIMM coil 5 is formed in the room temperature space portion near the center of this low-temperature container 6. moreover, this room temperature space — sample insertion — it is a hole and a sample is made to be measured by putting in a radiofrequency probe

[0014] In such an equipment configuration, the equipment configuration shown in drawing 2 assumed the case where some superconductivity main coils 1 were transposed to the coil which consists of oxide superconductivity material. And in the equipment shown in drawing 2, oxide superconductivity material and a Nb₃Sn superconductivity wire rod will be wound, and superconductivity main coil 1a will be constituted. Moreover, it is the same as that of the case of aforementioned drawing 1 that the superconductivity amendment coil groups 3a-3c around which the superconductivity wire rod around which the NbTi superconductivity wire rod was wound are formed in the outside of that the superconductivity main coil 2 consists of NbTi superconductivity wire rods and the superconductivity main coil 2.

[0015] And since a part of superconductivity main coil 1a is changed into oxide superconductivity material in the equipment shown in drawing 2 compared with the equipment configuration shown in aforementioned drawing 1 Change will arise in the uniformity coefficient of the magnetic field generated by compounding by the superconductivity main coil groups 1a and 2 and the superconductivity amendment coil groups 3a-3c. Since it corresponds to such a change, the superconductivity amendment coil groups 7a-7c will newly add to the outside of the superconductivity amendment coil groups 3a-3c, and will be prepared in it. moreover, the superconductivity SIMM coils 9a-9f reproduced by the still bigger thing in the outside of the superconductivity amendment coil groups 7a-7c than the above-mentioned superconductivity SIMM coil groups 4a-4f according to such a design change — preparing — **** — it becomes things

[0016] And although the above superconductivity coil group will be contained in low-temperature container 6a Since the superconductivity SIMM coils 9a-9f which the equipment shown in drawing 2 newly installed the superconductivity amendment coils 7a-7c compared with the equipment shown in aforementioned drawing 1, and were made still larger than the aforementioned superconductivity SIMM coil groups 4a-4f will be formed Also in low-temperature container 6a which contains these, a diameter cannot but become large compared with the aforementioned low-temperature container 6 shown in drawing 1. In addition, also in such low-temperature container 6a, it is the same as that of the case of the equipment configuration shown in aforementioned drawing 1 near [the] a center that the heterogeneity of a magnetic field is more precisely prepared in the usual state electrical-conduction SIMM coil 5 of an amendment sake.

[0017] As mentioned above, when some main coils are transposed to oxide superconductivity material in the future, in conventional permanent-current super-conductive magnet equipment, it is necessary to newly reproduce the superconductivity amendment coil groups 7a-7c, the superconductivity SIMM coil groups 9a-9f, and low-temperature container 6a.

[0018] Drawing 3 is the outline cross section showing the example of 1 composition of the permanent-current magnet system concerning this invention, and avoids duplication explanation by giving the same reference mark to aforementioned drawing 1, and 2 and a corresponding portion. In addition, although the super-conductive magnet equipment concerning this invention is not limited to the composition shown in drawing 3, and the superconductivity amendment coil groups 3a-3c consist of three coils at drawing 3, for example, the length usually also differs, respectively, the number and length of this coil are suitably changed with the format of equipment.

[0019] In the equipment of this invention, the cylinder-like reserve space 8 is formed between

the above-mentioned superconductivity amendment coil groups 3a-3c and the superconductivity SIMM coil 9a-9f group. And when considering as the superconductivity coil around which some superconductivity main coils 1 were wound with the oxide superconductivity wire rod in the future, the superconductivity amendment coil groups 7a-7c as shown in aforementioned drawing 2 will add this reserve space 8, and it will be installed. Moreover, the superconductivity SIMM coils 9a-9f beforehand enlarged compared with the superconductivity SIMM coils 4a-4f shown in aforementioned drawing 1 are arranged by forming the cylinder-like reserve space 8 as mentioned above. Furthermore, according to this, the diameter is set up comparatively greatly so that each aforementioned coil group can also contain low-temperature container 6a. That is, in the equipment configuration of this invention shown in drawing 3, the reserve space 8 is formed instead of the superconductivity amendment coils 7a-7c as shown in drawing 2.

[0020] Therefore, with the super-conductive magnet equipment of this invention shown in drawing 3, when some superconductivity main coils 1 are carried out with oxide superconductivity material, what newly need to be produced will require only the superconductivity amendment coil groups 7a-7c.

[0021] In addition, although it considers as the composition which forms the cylinder-like reserve space 8 between the superconductivity amendment coil groups 3a-3c and a superconductivity SIMM coil 9a-9f group with the composition shown in drawing 3 and can cook The position in which the cylinder-like reserve space 8 is established can also be made into between the superconductivity main coil groups 1 and 2 and the superconductivity amendment coil groups 3a-3c, and, in short, should just be between the superconductivity main coil groups 1 and 2 and a superconductivity SIMM coil 9a-9f group. Moreover, what is necessary is just to usually set the size of this reserve space 8 as about 5-20mm, although the width of face needs to be at least 1mm or more.

[0022] By the way, when cooling the whole super-conductive magnet equipment as shown in drawing 3, the aforementioned reserve space 8 will also be full of liquids, such as liquid helium. And the need that decompress the liquid helium which cools this magnet system, and reduce the temperature of liquid helium, and the liquid helium which exists in the reserve space 8 also reduces temperature when the method of raising the magnetic field which the up critical magnetic field of a superconducting material is raised by that, and a magnet generates as the result is adopted is **.

[0023] for example, the size of the reserve space 8 — inner — supposing it is diameter:960mm and length:1604mm diameter:927mm and outside, the capacity will become about 78l. And power required to cool the liquid helium equivalent to such capacity from 4.2K to 1.8K is set to about about 25kWh. That is, when the above reserve space 8 is formed, the situation which consumes the power for cooling so much and becomes uneconomical will be caused.

[0024] It is mentioned as an operation gestalt also with desirable also arranging this space occupation member until it produces the space occupation member of the configuration corresponding to the reserve space 8 concerned by aluminum, the aluminium alloy, etc. and adds and installs the aforementioned superconductivity amendment coils 7a-7c in the above-mentioned reserve space 8 as a means to avoid such a situation. Generating of useless power consumption can be lost by adopting such composition and eliminating the liquid helium with which it fills up in the reserve space 8.

[0025] In addition, although what [not only] consists of the above-mentioned aluminum or an aluminium alloy as a cylinder-like member arranged in the reserve space 8 but what consists of iron or an iron alloy, what consists of copper or a copper alloy, the thing which consists of a glass fiber strengthening resin further, etc. can be used It is desirable especially to consist of iron or an iron alloy, and to adopt a nonmagnetic thing from a viewpoint that electromagnetic force does not act on the viewpoint of attaining a uniformity coefficient and body member of a magnetic field.

[0026]

[Effect of the Invention] this invention was constituted as mentioned above, enabling it to incorporate the development result of a future oxide superconductivity material, it is the high magnetic field which used the superconductivity wire rod producible at present, and super-

conductive magnet equipment with a high uniformity coefficient has been realized.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the outline cross section showing the example of 1 composition of the conventional permanent-current magnet system.

[Drawing 2] It is an outline cross section supposing the case where some main coils are transposed to the coil which consists of oxide superconductivity material in the permanent-current magnet system in the conventional technology.

[Drawing 3] It is the outline cross section showing the example of 1 composition of the permanent-current magnet system concerning this invention.

[Description of Notations]

- 1, 1a, 2 Superconductivity main coil
- 3a-3c, 7a-7c Superconductivity amendment coil
- 4a-4f, 9a-9f Superconductivity SIMM coil
- 5 Usual State Electrical-Conduction SIMM Coil
- 6 6a Low-temperature container
- 8 Cylinder-like Reserve Space

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

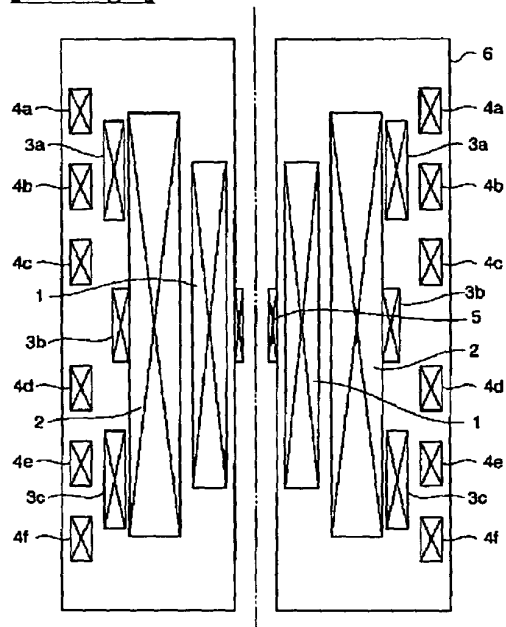
1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.*** shows the word which can not be translated.

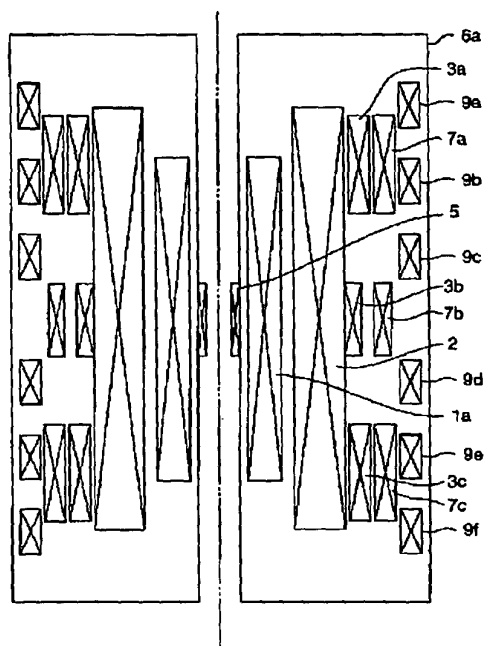
3.In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

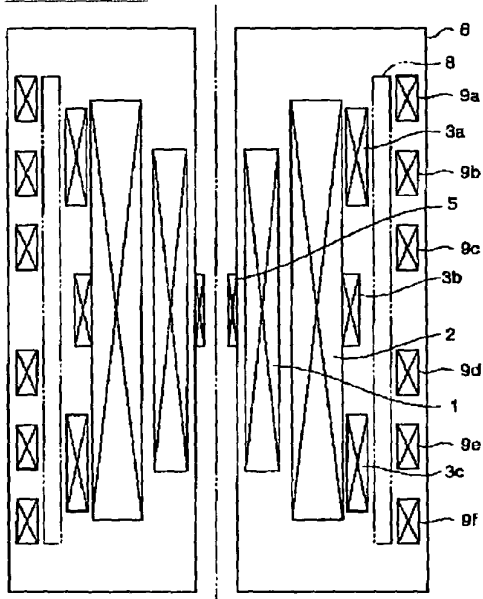
[Drawing 1]



[Drawing 2]



[Drawing 3]



[Translation done.]